



UDK: 678:620.3

Sherzod YO'LDOSHOV,
Polimerlar kimyosi va fizikasi instituti, k.f.d
E-mail:sherzodbek_y@mail.ru
Haydar YUNUSOV,
Polimerlar kimyosi va fizikasi instituti, t.f.d
Imomjon SHARIBOV,
Polimerlar kimyosi va fizikasi instituti tayanch doktoranti
Iltom G'OYIBNAZAROV,
Polimerlar kimyosi va fizikasi instituti tayanch doktoranti
Madina QUDRATXO'JAYEVA,
Polimerlar kimyosi va fizikasi instituti kichik ilmiy xodimi
Jamila NORBOYEVA,
Polimerlar kimyosi va fizikasi instituti kichik ilmiy xodimi
Go'zal JAMILOVA,
Polimerlar kimyosi va fizikasi instituti kichik ilmiy xodimi
Abdushukr SARIMSAKOV,
Polimerlar kimyosi va fizikasi instituti professori, t.f.d

TTYSI dotsenti, PhD A.Abdumajidov taqrizi asosida

FORMATION OF SILVER NANOPARTICLES IN A DIALDEHYDE CARBOXYMETHYLCELLULOSE/SERICIN MATRIX

Annotation

In this study, the formation of silver nanoparticles within a dialdehyde carboxymethylcellulose (DCMC)/sericin graft copolymer matrix was investigated. The effect of the polymer matrix on the amount, morphology, and stability of the silver nanoparticles was determined. The shape, size, composition, and structure of the silver nanoparticles formed in the DCMC/sericin graft copolymer matrix were analyzed using IR, UV, X-ray spectroscopic, and SEM techniques. Based on the research, a DCMC/sericin copolymer containing stabilized silver nanoparticles with sizes of 30–90 nm was synthesized.

Keywords: dialdehyde carboxymethylcellulose, sericin, graft copolymer, silver nanoparticles, polymer matrix.

ФОРМИРОВАНИЕ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА В МАТРИЦЕ ДИАЛЬДЕГИДКАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ/СЕРИЦИНА

Аннотация

В данном исследовании изучена возможность формирования наночастиц серебра в матрице привитого сополимера диальдегидкарбоксиметилцеллюлозы (ДКМС)/серисина. Определено влияние полимерной матрицы на количество, морфологию и стабильность наночастиц серебра. Форма, размер, состав и структура наночастиц серебра, сформированных в матрице сополимера ДКМС/серисин, исследованы методами ИК-, УФ-, рентгеноспектроскопии и СЭМ. На основе проведённых исследований синтезирован сополимер ДКМС/серисин, содержащий стабилизированные наночастицы серебра размером 30–90 нм.

Ключевые слова: диальдегидкарбоксиметилцеллюлоза, серисин, привитый сополимер, наночастицы серебра, полимерная матрица.

DIALDEGIDKARBOKSIMETILSELLYULOZA/SERITSIN MATRITSASIDA KUMUSH NANOZARRALARINI SHAKILLANISHI

Annotatsiya

Ushbu tadqiqotda dialdegidkarboksimitilsellyuloza (DKMS)/seritsin payvand sopolimeri matritsasida kumush nanozarralarini shakillanish imkoniyati tadqiq qilingan. Bunda, polimer matritsaning kumush nanozarralari miqdori, shakli va barqarorligiga ta'siri aniqlandi. DKMS/seritsin payvand sopolimeri matritsasida shakillantirilgan kumush nanozarralarining shakli, o'lchami, tarkibi va tuzilishi IQ-, UB-, rentgen spektroskopik, SEM usullarda tadqiq etildi. Olib borilgan tadqiqotlar asosida tarkibida 30-90 nm o'lchamdagi barqarorlashtirilgan kumush nanozarralari tutgan DKMS/seritsin sopolimeri sintez qilindi.

Kalit so'zlar: dialdegidkarboksimitilsellyuloza, serisin, payvand sopolimer, kumush nanozarralari, polimer matritsa.

Kirish. Bugungi kunda, oqisillar va polisaxaridlar asosida olingan materiallar sanoatning turli sohalari uchun qimmatli va qayta tiklanuvchi biomaterial vazifasini bajarmoqda. Ular asosida olingan modifikatsiyalar farmasevtika, biotibbiyot, oziq-ovqat, to'qimachilik va boshqa ko'plab tarmoqlarda kukun, plyonka, tola, gel, nanozarrachalar va boshqa turli ko'rinishdagi shakllarda keng qo'llaniladi.

Na-KMS va uning xosilalari asosida oqisillar bilan kompozitlar, sopolimerlar olish ilmiy rivojlanib borayotgan sohalardan hisoblanadi. Shu bois Na-KMS va oqisillar asosida turli maqsadlar uchun gidrogellar, gubkalar, plyonkalar olish va ularni qo'llanilish sohasini takomillashtirilgan ilmiy tadqiqotlar rivojlanib bormoqda.

Mavzuga oid adabiyotlar tahlili. Na-KMS ko'plab oqsil tabiatli biopolimerlar bilan komplekslar hosil qiladi biroq, hosil bo'lgan komplekslarning barqarorligi kimyoviy bog'lar orqali bog'langan sopolimerlarga nisbatan kam bo'lishi aniqlangan. Na-KMSning oqsillar bilan sopolimer hosil qilishi uchun dastlab turli oksidlovchilar ishtirokida oksidlash orqali polimer matrisasiga qo'shimcha funksional guruhlar kiritish jarayonlari tadqiq etilgan [4].

Na-KMS namunalarini oksidlanishi natijasida hosil bo'lgan DKMS jelatin, kollagen va boshqa shu kabi oqsillar bilan hosil qilgan sopolimerlari organizm uchun biososlik xossasini namoyon qilgan va yuqori fiziologik faollikka ega bo'lgan [5]. Shuningdek, polisaxaridlar va serisin asosida olingan preparatlar yuqori biologik faollikni namoyon qilgan. Adabiyotlardan ma'lumki ipak serisini saraton xujayralariga qarshi faollikka, teri xujayralarini tiklanishini tezlashtiruvchi, antimikrob, antioksidant xossalarga ega bo'lishiga qaramay tibbiyot yo'nalishida qo'llashda quyidagi asosiy kamchiliklarga ega: barqaror plyonka va preparat hosil qilmaydi, yuqori allergen xususiyatga ega, molekulyar massasi kichik, polidispersligi yuqori va boshqalar [8]. Shuning uchun serisinni polimerlarga kimyoviy modifikasiyalash orqali yuqoridagi kamchiliklarni bartaraf etish imkonini mavjud.

Serisinning biologik faolligini, ayniqsa, antimikrob, bakterisid xossalarini oshirish uchun polimer matrisasida kumush kabi nanometall zarralarini shakillantirish, ularning zarra o'lchamlari, barqarorligi, fiziologik xossalarini boshqarish imkoniyatlarini o'rganish bo'yicha tadqiqotlar olib borish muhim ahamiyatga ega.

Yuqoridagilardan kelib chiqib, tadqiqotning maqsadi DKMS/serisin payvand sopolimerini sintez qilish, hosil bo'lgan polimer matrisasida kumush nanozarralarini shakillantirish imkoniyatlarini o'rganishdan iborat.

Tadqiqot metodologiyasi.

Materiallar

Tadqiqotlarda "Promxim Impex" MCHJ (O'zbekiston)da ishlab chiqarilgan Asdacell HV markali Na-KMSdan olingan oksidlanish darajasi 82 %, molekulyar massasi 141 kDa bo'lgan DKMS, ipak sanoati tolali chiqindilaridan olingan serisin, kumush nitrat (AgNO_3) tuzidan (Sigma Aldrich) foydalanildi.

2.1DKMS/serisin payvand sopolimeri matrisasida kumush nanozarralarini shakillantirish

DKMS/serisin payvand sopolimer matrisida kumush nanozarralari shakillantirish uchun GOST 277-75 bo'yicha analiz uchun toza (a.u.t.) bo'lgan kumush nitrat (AgNO_3) ning 0.1 M li suvli eritmasidan foydalanildi. Sopolimerning 2% li suvli eritmasi tayyorlanib 25°C haroratda AgNO_3 tuzining 0.1 M konsentrasiyalari eritmasidan ($rN=5.14$) 3-10 ml hajmda qo'shib 30 daqiqa davomida 1400 ayl/minut tezlikda mexanik aralashirildi ultratovushli dispergatorida (UTD-2, U-4.2, Rossiya) 20 daqiqa ishlov berildi.

2.2 IQ-Fure- spektroskopiya

IQ-spektroskopiya Inventio-S IR Fourier (Bruker, Germaniya) qurilmasida tekshirildi. Spektrlar 0,085 cm^{-1} va 500-4000 cm^{-1} sohadagi o'zgarishlar asosida o'rganildi.

2.3 Rentgen spektroskopiya

Namunalarning kristall tuzilishlari rengenografik usulga ko'ra keng burchakli XRD "MiniFlex 600" (Rigaku, Japan) difraktometri nurlanish manbai sifatida monoxromatlashtirilgan $\text{Cu-K}\alpha$ ishlatilgan holda aniqlandi. Skanerlash oralig'i 2°/min tezlikda, 5-40° oralig'ida, generator 22 kV va 12 mA quvvatda amalga oshirildi.

2.4 UB-spektroskopiya

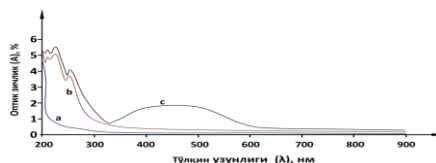
Namunalarning UB spektrlari «Specord M210» spektrofotometrda 200-900 nm to'lqin uzunligi sohasida olib borildi.

2.5 SEM tahlillari

Namunalarning sirt yuzi morfologiyasi 25 kV kuchlanishli skanerlovchi elektron mikroskop yordamida tahlil qilindi.

Tahlil va natijalar. Oldingi tadqiqotlarimizda O'Yuch nurlar ta'sirida peryodat oksidlanish reaksiyasi orqali oksidlanish darajasi 82 %, molekulyar massasi 141 kDa bo'lgan yuqori molekulyar massa va oksidlanish darajali DKMS sintez qilish jarayoni o'rganilgan [10]. Shuningdek, O'Yuch nurlar ta'sirida ipak sanoati sanoati tolali chiqindilaridan yuqori unum va samaradorlikka ega bo'lgan serisin olish sharoitlari aniqlangan [11]. Bunda, amino guruhlar bilan aldegid guruhlar o'zaro nukleofil o'rin olish reaksiyasiga kirishib, Schiff asoslarini hosil qiladi va o'zaro imin (karbinolamin) bog'lanish orqali payvand sopolimer hosil bo'ladi [12]. Hosil bo'lgan DKMS-seritsin payvand sopolimeri tarkibidagi yangi yutilish sohalari namunalarning IQ-spektroskopiyasi usuli yordamida o'rganildi. IQ-spektroskopiyalarda ko'rinadiki, DKMS/seritsin sopolimeri hosil bo'lganda 1726 cm^{-1} sohada dialdegidning karbonil (C=O) guruhiga xos yutilish sohasi yo'qolishi kuzatildi. Hosil bo'lgan DKMS/seritsin sopolimerlari tarkibida seritsinning I, II va III uchun xos bo'lgan, 1620, 1516 va 1240 cm^{-1} sohada yutilish intensivliklari hosil bo'lganligi aniqlandi [13]. DKMS/seritsin sopolimeri tarkibida hosil bo'lgan imin (C=N) bog'lanishga xos bo'lgan yangi yutilish intensivliklari 1661 cm^{-1} sohada hosil bo'ldi.

Hosil bo'lgan payvand sopolimer matrisasida kumush nanozarralarini shakillantirish jarayoni [14] usuli bo'yicha amalga oshirildi. Payvand sopolimer matrisasida shakillantirilgan kumush nanozarralarini UF-spektroskopik usuldagi tahlil natijalari 1-rasmda keltirilgan.



1-rasm. Tarkibida kumush NZ tutgan DKMS/serisin payvand sopolimeri namunalarning UB-spektrlari

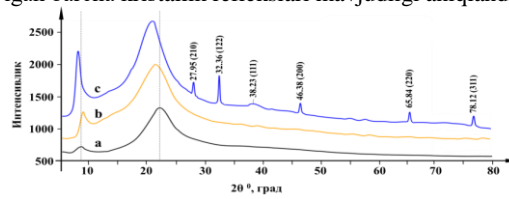
a) DKMS/serisin, b) Ag^+ /DKMS/serisin, c) Ag^0 /DKMS/serisin

1-rasmda DKMS/serisin payvand sopolimer matrisasida fotonurlantirish orqali kumush nanozarralari shakillantirilgan namunalarning UB-spektrlari keltirilgan.

Sopolimer eritmasiga kumush ionlari kiritilganda, fotonurlantirishdan oldin zaryadlangan kumush klasterlari hosil bo'lishi hisobiga UB-spektrda $\lambda_{\text{max}}=280$ nm yutilish sohasida cho'qqi hosil bo'lmoqda (b-egri chiziq).

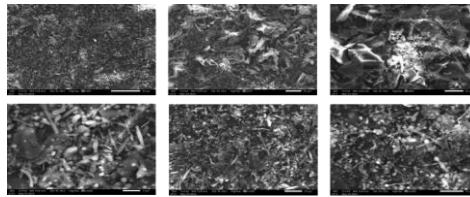
Tarkibida kumush ionlari tutgan DKMS/serisin eritmasini 30 daqiqa UB-nurlari yordamida fotonurlantirilganda kumush ionlari metall shakliga qaytarildi va unga tegishli kumush nanozarralariga xos $\lambda=400$ va $\lambda=500$ nm yutilish sohasida yangi cho'qqilar paydo bo'lishi kuzatildi (c-egri chiziq).

DKMS/serisin sopolimer matrisasi tarkibidagi kumush nanozarralarini rentgenografik tadqiqotlar usulida o'rganildi olib borildi (5-rasm). Rentgenografik tadqiqot natijalariga ko'ra, difraksiya burchaklarining $2\theta=5-80^\circ$ intervalida amorf soha bilan birga kumush nanozarralariga xos bo'lgan barcha kristallik reflekslari mavjudligi aniqlandi.



2-rasm. Tarkibida Ag NZ tutgan plyonkasining rentgen spektrlari
a) DKMS/serisin, b) Ag⁺/DKMS/serisin, c) Ag⁰/DKMS/serisin

Namunalarning rentgenostrukturaviy tadqiqotlar natijasida $2\theta=21.5^\circ$ da sopolimerga xos amorf galo hosil qilib, kumush ionlari kiritilgan namunada ham kristallarni xarakterlovchi reflekslar hosil qilmaganligi ko'zlatildi (a va b egrilar). Kumush ionlari tutgan sopolimer namunasini 30 daqiqa davomida UB-nurlarida fotonurlantirilganda tarkibida kumush nanozarralari tutgan, difraksiya burchaklari $2\theta \approx 8.1, 44.9, \text{ va } 65.84^\circ$ va Miller indekslari (111), (200) va (220) bo'lgan tekisliklarga xos kristall reflekslari kuzatildi (c-egri).



3-rasm. Tarkibida Ag NZ tutgan DKMS/serisin payvand sopolimeri SEM tasviri

SEM tadqiqotlari shuni ko'rsatdiki, payvand sopolimer matrisasi tarkibida 30-90 nm bo'lgan ignasimon va sharsimon shaklga ega kumush nanozarralari shakllanganligi aniqlandi.

Xulosa va takliflar. Olib borilgan tadqiqotlar natijasida DKMS/serisin payvand sopolimeri matrisasida kumush nanozarralarini shakllanish imkoniyati ko'rsatildi. Bunda, polimer matrisaning kumush nanozarralari miqdori, shakli va barqarorligiga ta'siri aniqlandi. DKMS/serisin payvand sopolimeri matrisasida shakllantirilgan kumush nanozarralarining shakli, o'lchami, tarkibi va tuzilishi SEM, UF-, rentgen spektroskopik usullarda tadqiq etildi. Olib borilgan tadqiqotlar asosida tarkibida 30-90 nm o'lchamdagi barqarorlashtirilgan kumush nanozarralari tutgan tutgan DKMS/serisin sopolimeri sintez qilindi.

Mazkur ish O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Polimerlar kimyosi va fizikasi institutining "Sellyuloza va uning hosilalari kimyosi va texnologiyasi" laboratoriyasida 2025 yilda bajarilayotgan "Tabiiy bioparchalanuvchi polimerlar va ularning hosilalari asosida nanotuzilishli va biologik faol nanometall zarrachalari tutgan original dori vositalari va tibbiy buyumlar olishning ilmiy va amaliy asoslari" mavzusidagi O'zR Fanlar akademiyasining bazaviy ilmiy-tadqiqot dasturi hamda AL-9224093626 "Onkologik kasalliklarga qarshi tarkibida bimetal nanozarralar tutgan polimer shakilli bakterisid prepartlarning olinishi" amaliy loyihasi doirasida amalga oshirilgan.

ADABIYOTLAR

1. Yunusov, K. E., Sarymsakov, A. A., Jalilov, J. Z. O., & Atakhanov, A. A. O. (2021). Physicochemical properties and antimicrobial activity of nanocomposite films based on carboxymethylcellulose and silver nanoparticles. *Polymers for Advanced Technologies*, 32(4), 1822-1830.
2. Rahman, M. S., Hasan, M. S., Nitai, A. S., Nam, S., Karmakar, A. K., Ahsan, M. S., ... & Ahmed, M. B. (2021). Recent developments of carboxymethyl cellulose. *Polymers*, 13(8), 1345.
3. Fredi, G., & Dorigato, A. (2024). Compatibilization of biopolymer blends: A review. *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research*, 7(4), 373-404.
4. Zhao, Z., Gao, J., Cai, W., Li, J., Kong, Y., & Zhou, M. (2023). Synthesis of oxidized carboxymethyl cellulose/chitosan hydrogels doped with graphene oxide for pH-and NIR-responsive drug delivery. *European Polymer Journal*, 199, 112437.
5. Sethi, S., Kaith, B. S., Kaur, M., Sharma, N., & Khullar, S. (2020). A hydrogel based on dialdehyde carboxymethyl cellulose-gelatin and its utilization as a bio adsorbent. *Journal of Chemical Sciences*, 132(1), 15.
6. Hailu, G. T., Alemea, M. T., & Lemessa, F. (2025). Development of silk sericin-based polysaccharide-protein hybrid biofilms: Mechanical, thermal, and antibacterial properties. *Next Research*, 2(1), 100097.
7. Mumtaz, S., Ali, S., Pervaiz, A., Qureshi, M. Z., Kanwal, K., & Saleem, T. (2023). Apoptotic and antiproliferative effects of silk protein sericin conjugated-AgNO₃ nanoparticles in human breast cancer cells. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 30(2), 103551.
8. Dutra Alves, N. S., Reigado, G. R., Santos, M., Caldeira, I. D. S., Fernandes, H. D. S., Freitas-Marchi, B. L., ... & Nunes, V. A. (2025). Advances in regenerative medicine-based approaches for skin regeneration and rejuvenation. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 13, 1527854.
9. Tyagi, V., & Thakur, A. (2023). Applications of biodegradable carboxymethyl cellulose-based composites. *Results in Materials*, 20, 100481.
10. Goyibnazarov, I. S., Yuldoshov, S. A., Sarymsakov, A. A., Yunusov, K. E., Yarmatov, S. S., & Shukurov, A. I. (2025). & Wan, Y. (2025). Mikrotolqinli pechda ishlov berish orqali dialdegid karboksimetilselulozini olish. *Polimer texnologiyasidagi yutuqlar*, 1, 9917563.
11. Silva, V. R., Ribani, M., Gimenes, M. L., & Scheer, A. P. (2012). High molecular weight sericin obtained by high temperature and ultrafiltration process. *Procedia Engineering*, 42, 833-841.
12. Goyibnazarov, I. S., Yuldoshov, S. A., Yarmatov, S. S., Yunusov, K. E., Sarymsakov, A. A., Shukurov, A. I. U., ... & Inkhonova, A. (2025). Physico-chemical characteristics of dialdehyde carboxymethylcellulose/sericin graft copolymer. *Journal of Polymer Research*, 32(6), 205.
13. Ki, C. S., & Park, Y. H. (2013). Effect of sericin blending on molecular orientation of regenerated silk fiber. *Fibers and Polymers*, 14(9), 1460-1467.
14. Yunusov, K. E., Sarymsakov, A. A., Jalilov, J. Z. O., & Atakhanov, A. A. O. (2021). Physicochemical properties and antimicrobial activity of nanocomposite films based on carboxymethylcellulose and silver nanoparticles. *Polymers for Advanced Technologies*, 32(4), 1822-1830.